

ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO VERSUS PRINCIPIO DE SOSTENIBILIDAD: LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE NORDHAUS, PREMIO NOBEL 2018

COST-BENEFIT ANALYSIS VERSUS THE SUSTAINABILITY PRINCIPLE: THE CLIMATE CHANGE ECONOMICS OF NORDHAUS, 2018 NOBEL PRIZE

Emilio Padilla Rosa¹

Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona

Jordi Roca Jusmet²

Departamento de Economía, Universidad de Barcelona

Resumen

El "Nobel de economía" a Nordhaus supone el reconocimiento de la institución sueca a una determinada economía del cambio climático. Su principal contribución, el modelo DICE, modeliza las interrelaciones entre economía y cambio climático, determinando la senda "óptima" de reducción de emisiones que maximiza el valor actual de la suma de utilidades del consumo presente y futuro. Se aplica una lógica coste-beneficio para definir qué hay que hacer frente al cambio climático, recomendando, como resultado, una actuación muy moderada que limite el calentamiento a 3,5°C, en fuerte contraste con las propuestas de organismos como el IPCC. El análisis de Nordhaus incorpora una serie de elecciones en cuanto a métodos y parámetros elegidos en base a juicios de valor y supuestos discutibles que condicionan completamente sus resultados y hacen que no sea adecuado denominar sus prescripciones como la "política óptima", ni como la respuesta de "la economía" al problema del cambio climático. Los aspectos más problemáticos en su planteamiento hacen referencia al tratamiento del futuro, la incertidumbre y a la propia aplicación de la lógica coste-beneficio. En contraste con su propuesta, defendemos que el análisis económico del cambio climático debería tener presente los principios de precaución, sostenibilidad y justicia ambiental.

Palabras clave: *análisis coste-beneficio, cambio climático, modelo DICE, Nordhaus, premio "Nobel".*

Abstract

The "Nobel prize in economics" to Nordhaus means the recognition of the Swedish institution to a certain economics of climatic change. His main contribution, the DICE model, models the interrelations between the economy and climate change and determines the "optimal" path of emission reduction that maximizes the present value of the sum of utilities from current and future consumption. The cost-benefit logic is applied to define what to do in the face of climate change, recommending, as a result, a very moderate action for limiting the warming to 3.5°C, in sharp contrast to the proposals of organisations such as the IPCC. The analysis of Nordhaus incorporates a series of choices regarding methods and parameters based on value judgments and questionable assumptions that completely condition his results and make completely inappropriate to name its prescriptions as the "optimal policy" or as the answer from "economics" to the problem of climate change. The most problematic aspects in his approach refer to the treatment of the future and the uncertainty and the application of the cost-benefit logic itself. In contrast to his proposal, we defend that the economic analysis of climate change should take into account the precautionary, sustainability and environmental justice principles.

Keywords: *Climate Change, Cost-benefit Analysis, DICE Model, Nobel Prize, Nordhaus.*

¹ emilio.padilla@uab.es

² jordiroca@ub.edu

INTRODUCCIÓN

El premio del Banco de Suecia en Ciencias Económicas en memoria de Alfred Nobel de 2018, conocido como "el Nobel de economía", ha reconocido la contribución de William D. Nordhaus por "haber integrado el cambio climático en el análisis macroeconómico a largo plazo". El trabajo de Nordhaus, doctorado en el MIT y profesor en Yale, ha tenido un gran impacto en la academia. El título de su libro más influyente es *Managing the Global Commons. The Economics of Climate Change* (Nordhaus, 1994) y, ciertamente, a menudo se identifica su trabajo con "la economía del cambio climático".

Nordhaus ha hecho abundantes y variadas aportaciones. Desde 1985 su nombre está asociado, como coautor, al *Samuelson* (Samuelson y Nordhaus, 1985), el manual universitario de economía básica más vendido de la historia, cuya primera edición se remonta a 1948 y del cual se han publicado 19 ediciones. El autor ha entrado siempre en temas importantes de debate político-económico. Su trabajo sobre el problema de la escasez de recursos (Nordhaus, 1973) contrasta con la visión pesimista de Meadows *et al.* (1972), ya que sugiere que la misma escasez promoverá la búsqueda de nuevos recursos, su uso más eficiente y su sustitución, dando una visión optimista sobre las posibilidades de mantener el crecimiento económico a largo plazo. En *Is Growth Obsolete?* (Nordhaus y Tobin, 1972) se revisaban las críticas a los indicadores macroeconómicos tradicionales, introduciendo interesantes discusiones, aunque adoptando la discutible estrategia de corregir los indicadores para obtener una nueva "medida de bienestar económico"; la respuesta a la pregunta que daba título a su trabajo era: "Pensamos que no. Si bien el PNB y otros agregados de ingreso nacional son medidas imperfectas de bienestar, la imagen de progreso secular que ellas proporcionan permanece después de corregir sus más obvias deficiencias" (p. 532). Esta visión optimista del pasado y del futuro económico y la valoración monetaria de los impactos ambientales en términos de su "consumo equivalente" caracterizan también, como veremos, sus trabajos sobre economía y clima. Otro de los temas en que trabajó es el del ciclo económico político (Nordhaus, 1975), discutiendo entre otras las contribuciones de un autor tan heterodoxo como Kalecki (1943).

A Nordhaus se le ha de reconocer el mérito de introducir modelos macroeconómicos en los que se analiza la interdependencia entre clima y economía. Sus primeros trabajos en este sentido se orientaban a analizar la mitigación de emisiones a menor coste en un modelo neoclásico de crecimiento económico a largo plazo (Nordhaus, 1977a, 1977b). Estos trabajos serían el embrión de la aportación que le ha llevado a ganar el premio Nobel, la elaboración de uno de los primeros (y el más influyente) modelos económicos de evaluación integrada del cambio climático, el *Dynamic Integrated model of Climate and the Economy* (DICE) (Nordhaus, 1993). En él, modeliza los vínculos entre la evolución macroeconómica, las emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio climático y sus costes económicos. Este modelo se planteó básicamente como un modelo para el conjunto del mundo y ha tenido varias revisiones posteriores, la última de las cuales es del año 2016 (Nordhaus, 2018a). Esta línea de investigación ha dado lugar también a muchos otros modelos de evaluación integrados, incluyendo el RICE, una versión del DICE que incorpora cierta diferenciación regional (Nordhaus y Yang, 1996); algunos de los más conocidos son: PAGE (usado por Stern, 2007), FUND, ENTICE, MERGE, WITCH, GTAP-E, ICES, GREEN o E3MG. Estos modelos clima-economía básicamente enlazan modelos climáticos, que tratan de recoger la evidencia científica respecto la relación entre emisiones, concentraciones atmosféricas y cambio climático, con modelos económicos (a menudo modelos de equilibrio general computable), y pretenden reflejar las interacciones que se dan entre ambos módulos.

EL MODELO DICE Y SUS RESULTADOS

El modelo DICE se plantea como la optimización intertemporal de la política de cambio climático. Se trata, por tanto, de un modelo normativo que adopta una función objetivo a maximizar. Dicha función es el valor actual de la suma de utilidades presentes y futuras del "consumo ampliado" (entendiendo como

tal el consumo en el sentido tradicional menos los efectos del cambio climático en el bienestar, valorados monetariamente). Las utilidades dependen del consumo según una función en la que la utilidad marginal del consumo es decreciente. Así, se considera que el impacto del cambio climático causado por los gases de efecto invernadero reduce el consumo, tanto por sus efectos directos sobre el bienestar como por sus efectos sobre la producción. Éste es el coste del cambio climático. Pero las políticas de mitigación también tienen un coste económico reduciendo las posibilidades de consumo. El modelo identifica la política que maximiza el valor actual de la utilidad del consumo global, neto de impactos del cambio climático, sobre horizontes temporales de hasta unos 200 años; es lo que Nordhaus llama "política óptima". Las variables de decisión del modelo son el nivel de consumo, la inversión y el nivel de mitigación.

El modelo incluye un modelo de crecimiento económico neoclásico a la Solow, con funciones de producción tipo Cobb-Douglas y cambio tecnológico exógeno que reduce la intensidad de carbono³. En cuanto a la función que relaciona el daño económico con el cambio de temperatura, se asume una simple función cuadrática. En la estimación central de la versión inicial se ignoraba la posibilidad de eventos extremos o catastróficos, mientras que su incorporación posterior se realiza a través de asignación de probabilidades que se juzgan "razonables" para estos posibles eventos u otros procedimientos *ad hoc*. El modelo da las sendas de políticas de mitigación y de emisiones que maximizan la utilidad global descontada. Se asume, pues, que solo sale a cuenta mitigar mientras el coste marginal de hacerlo sea menor al beneficio marginal que suponen los impactos evitados; es decir, se adopta un enfoque coste-beneficio.

Un aspecto importante a destacar es que, como señalan Goulder y Williams III (2012) "en el modelo DICE la misma función intertemporal sirve para especificar cómo se comporta realmente la gente y es usada como la métrica del bienestar social. El hecho de que la función objetivo sirva dos papeles es crítico: ello restringe la *función de bienestar social* a ser la misma que la *función de comportamiento*. Cualquier parámetro que sea escogido para hacer el comportamiento realista debe servir también como parámetro de la función de bienestar social" (p. 1250024-11). Como los mismos autores señalan, este tipo de identificación entre las funciones de bienestar social y de comportamiento se suele modelizar a partir del comportamiento maximizador de un agente representativo que vive infinitamente, un supuesto que suavemente caracterizan de "fuerte" (Goulder y Williams III, 2012, nota 25, p. 1250024-11) pero que como mínimo debería ser caracterizado de estrambótico por cualquiera a quien le preocupe que haya cierta conexión entre los modelos y la realidad. En el caso del modelo DICE se supone que la economía se mueve siempre en la trayectoria de inversión-consumo que maximiza el bienestar, y con este supuesto se calibra el modelo, con la única excepción de que en el *business as usual* existe una externalidad —los daños del cambio climático— que no se tiene en cuenta y que hay que incorporar para llevar a la senda realmente óptima que maximice el consumo neto de los daños climáticos. Nordhaus es ambiguo en este punto, y no adopta abiertamente el supuesto del agente representativo que vive infinitamente (de hecho, suele referirse a generaciones), pero creemos, como Llavador *et al.* (2015), que su modelo solo es coherente con este supuesto. Es coherente formalmente, pero en absoluto realista, además de incapaz de tener en cuenta uno de los aspectos fundamentales del mundo en que vivimos: las profundas desigualdades sociales. Un modelo maximizador de la suma de utilidades y en el cual la utilidad marginal del consumo es decreciente llevaría inmediatamente a preguntarse si no sería conveniente una redistribución de los ricos hacia los pobres, y a analizar el cambio climático como un problema creado por las sociedades ricas y que impacta e impactará desproporcionadamente sobre los más pobres. La única forma de evitar este análisis distributivo intrageneracional es tratar el mundo como una unidad o —lo que es lo mismo a efectos prácticos— suponer que todas las personas son iguales.

³ Nordhaus (2014) se muestra crítico con los modelos que incorporan cambio tecnológico endógeno, como es el caso de Stern (2007), quien contempla que la misma política climática induce el cambio tecnológico y lleva a reducir notablemente el coste de mitigación. Esto explica los menores costes de mitigación en el modelo de Stern y, por tanto, contribuye a la diferencia en la intensidad de reducción de emisiones considerada adecuada por ambos autores.

El modelo también da la senda eficiente de uso de las herramientas. En esta cuestión destaca la defensa que Nordhaus ha hecho de un impuesto global al carbono como medida eficiente de control de emisiones. De hecho, en la habitual línea de la economía neoclásica, no solo considera que poner precio al carbono es un instrumento extremadamente potente —lo que compartimos totalmente (Baranzini *et al.*, 2017)—, sino que considera, en la tradición "pigouviana", que un impuesto igual al "coste marginal social del carbono" (el cual se asume que se puede calcular con precisión, lo cual es muy cuestionable), aseguraría una senda de emisiones óptima. Sobre la viabilidad política del impuesto sobre el carbono a nivel global, destaca su reciente propuesta de "clubes del clima" acompañados de penalizaciones arancelarias a los que no formen parte del club para eliminar los incentivos a no participar en las políticas de reducción (Nordhaus, 2015). Por otro lado, el modelo DICE también se puede emplear imponiendo como restricción un objetivo determinado, de forma que el modelo da la senda más "eficiente", en función de los parámetros que asume, para conseguirlo (Nordhaus, 1997); si bien Nordhaus considera estos casos como escenarios alternativos a la senda "óptima".

La aplicación en los 1990s del modelo DICE indicaba que apenas había que desviarse algo respecto al escenario sin política de mitigación (Nordhaus, 1993, 1994; Nordhaus y Boyer, 1999). En Nordhaus (1994) se planteaba que frente a una proyección en el escenario tendencial sin control de emisiones de una variación de temperatura de 3,4°C en 2105 respecto a 1865, lo óptimo sería un aumento de 3,2°C (tabla 5.5, p. 89). Cabe destacar que los resultados de Nordhaus contrastaban con las llamadas a que los países ricos actuaran de forma rápida provenientes de la Convención de Cambio Climático que se había firmado en 1992 y tuvieron influencia en decisiones políticas, contribuyendo a legitimar la inacción de la administración de los EEUU: G.W. Bush y el congreso de los EEUU citaban repetidamente los altos costes de mitigación de reducir las emisiones que indicaban los estudios frente a los impactos moderados que evitarían para justificar su no ratificación del Protocolo de Kioto. En su versión más actual (DICE2016), que incorpora hasta cierto punto la mayor evidencia de la gravedad del cambio climático (y, por tanto, muestra que lo recomendado previamente no era "óptimo"), se sugiere una mayor intervención, pero ésta solo llevaría a limitar el calentamiento a en torno a 3,5°C para 2100, frente a los más de 4°C que supondría el escenario base tendencial (Nordhaus, 2018b, figura 3, p. 348).

El anuncio del premio se dio el mismo día en que apareció el último informe especial del panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC, 2018), un panel de miles de expertos de diversas disciplinas que elabora informes específicos, así como, de forma periódica, informes que muestran el estado de la cuestión y cierto consenso de las diferentes disciplinas en torno al problema del cambio climático. Esta coincidencia se señaló en algunos medios como señal de la relevancia del tema e incluso algunos destacaron la relación entre los trabajos de Nordhaus y del IPCC como contribuciones que iban en el mismo sentido de señalar la gravedad del problema y proponer soluciones. No obstante, la realidad es que las conclusiones de Nordhaus y las del IPCC respecto a la intensidad de las acciones que debemos tomar para frenar el problema son radicalmente diferentes y, en cualquier caso, indicarían la poca relevancia que tienen las prescripciones de la llamada "economía del cambio climático" a la Nordhaus en el consenso científico y político internacional sobre lo que hay que hacer en el caso del cambio climático. Mientras Nordhaus (2018b) habla de limitar el calentamiento a unos 3,5°C, el citado informe del IPCC (2018) señala la necesidad de limitar el calentamiento a 1,5°C para reducir los riesgos y facilitar la adaptación (Roca Jusmet, 2018). Por lo que se refiere a las sendas de emisiones, el "óptimo económico" de Nordhaus sería que subiesen aún durante unos 25 años antes de llegar a un pico para lentamente ir disminuyendo durante un período que se prolongaría más allá del siglo XXI (Nordhaus, 2018b, figura 2, p. 347); ello contrasta con los escenarios de la mayoría de organismos internacionales que requieren una reducción radical lo más rápido posible de las emisiones para que sean nulas (o incluso negativas teniendo en cuenta los cambios en los usos del suelo) en la segunda mitad del siglo XXI (UNEP, 2017; Carbon Project, 2018). Según

Pezzey, cuando se muestran proyecciones como las de Nordhaus, "los científicos típicamente expresan incredulidad, burla o consternación" (Pezzey, 2017, p. 3).

A Nordhaus se le puede reconocer la virtud de iniciar una serie de modelos donde se hace evidente la interdependencia clima-economía. No obstante, cada vez se pone más en cuestión que la lógica coste-beneficio empleada por Nordhaus sea aplicable y nos dé una respuesta sobre qué debemos hacer en el caso del cambio climático. Además, la elección sobre la base de juicios de valor de varios parámetros en los modelos clima-economía, como el DICE, determina el llamado resultado "óptimo" del modelo (Padilla, 2004a, 2004b). Aunque Nordhaus destaque una "senda óptima", el modelo puede llevar a tantas "sendas óptimas" como elecciones se hagan de algunos parámetros controvertidos, de forma que modificándolos se puede justificar prácticamente cualquier nivel de reducción. Los resultados cuantitativos dan una falsa imagen de científicidad y esconden lo que en realidad son decisiones, en gran parte arbitrarias, sobre parámetros de las funciones; es decir, son básicamente opiniones de "expertos" difundidas de forma poco transparente (Pindyck, 2017). En el resto del artículo exponemos los principales problemas de la propuesta de Nordhaus, que se añaden a algunos puntos ya señalados y que hacen que sea totalmente inapropiado considerar sus estimaciones como solución "óptima" o "económicamente eficiente" en relación a la política del cambio climático. Algunas de estas cuestiones son la elección del tipo de descuento, el tratamiento de la incertidumbre y la propia aplicación de la lógica coste-beneficio.

EL DESCUENTO DEL FUTURO

El modelo de Nordhaus, como la mayoría de modelos económicos, da menos peso a lo que ocurre en el futuro que a lo que ocurre en el presente. Es decir, aplica un descuento temporal. La aplicación de este descuento lleva a devaluar lo que ocurra en el futuro y a que lo que ocurra en el futuro distante no tenga apenas importancia en la toma de decisiones. De este modo, la elección de la tasa con la que se descuenta el futuro acaba determinando el nivel de mitigación que se considera óptimo (a mayor tasa, menor importancia de los impactos evitados en el futuro frente a los sacrificios económicos en el presente para mitigar emisiones). Mientras que Nordhaus considera adecuadas tasas del orden del 4 o el 5%,⁴ Stern (2007), autor de otra de las aplicaciones del análisis coste-beneficio al cambio climático más conocidas, elige para su análisis una mucho menor, del 1,4%; lo que explica, en gran parte, sus diferentes conclusiones respecto a la importancia económica del cambio climático y el nivel de mitigación adecuado. Esta elección no depende de una cuestión científico-técnica, sino que se basa en supuestos y juicios de valor. Si se aplica el descuento sugerido por Stern, el mismo modelo DICE indica un nivel de mitigación muy superior al considerado óptimo por Nordhaus y llevaría durante el siglo XXI a un aumento de temperatura del orden de 2,5°C. Este resultado indica lo erróneo de considerar como único resultado "óptimo" al así llamado por Nordhaus, ya que su mismo modelo llevaría a tantos resultados óptimos como tasas de descuento escogidas en base a diferentes juicios de valor (y lo mismo sería aplicable para otros parámetros del modelo).

Desde el punto de vista normativo, cuando se utiliza una función utilitarista, como hace Nordhaus, existen fundamentalmente dos argumentos con los que se suele justificar el descuento temporal. En primer lugar, se asume que las personas preferimos consumir en el presente a consumir en el futuro. Basándose en la premisa de la economía del bienestar de que las preferencias sociales deben reflejar las preferencias de los individuos que componen la sociedad, se traslada esta supuesta preferencia, llamada preferencia temporal pura (o impaciencia), a la tasa de descuento social. No obstante, este argumento está sujeto a numerosas críticas. En primer lugar, no está nada claro que esto responda realmente a las preferencias de todos los humanos (sobre todo cuando lo que comparamos no son cambios marginales sino cambios muy

⁴ La tasa de descuento varía según la versión del modelo DICE. En la última versión de 2016 se considera una tasa del 5,1% para el período 2015–2050 y del 3,6% para el período 2050–2100 (Nordhaus, 2018b, Tabla 1, p. 346).

relevantes) y más bien parece que la mayoría de gente prefiere distribuir sus recursos con la perspectiva de mantener un bienestar similar (o incluso creciente) a lo largo de la vida y no la de disminuir su bienestar a lo largo del tiempo. También se pone en cuestión de que se trate de una preferencia racional, ya que la impaciencia puede llevar a decisiones que reduzcan el bienestar a lo largo de la vida (Strotz, 1956), por lo que algunos autores descartan que, en caso de existir, esta preferencia deba reflejarse en la toma social de decisiones (Pigou, 1920). De hecho el propio Frank Ramsey, iniciador de los modelos macroeconómicos de maximización intertemporal, escribió que el descuento del futuro es una práctica "éticamente indefendible y que procede meramente de la debilidad de la imaginación" (Ramsey, 1928, p. 543). Diversos autores también cuestionan que esta preferencia se pueda expresar a partir de una fórmula en la que la valoración del futuro cae exponencialmente (Ainslie, 1991; Harvey, 1994) y algunos estudios empíricos indican que, aun cuando pueda haber mayor preferencia por consumir ahora que dentro de un año, el descuento se atenúa después de varios períodos (Benzion *et al.*, 1989; Lowenstein, 1987).

Pero la crítica más fundamental —cuando hablamos de decisiones que afectan al largo plazo— es que no se puede trasladar la impaciencia por el consumo propio de una persona a una preferencia social sobre el presente y el futuro cuando los impactos recaerán en otras generaciones. Como apuntábamos, ello solo estaría justificado si la sociedad estuviese formada por individuos inmortales, supuesto absurdo pero que está en la base de muchos modelos macroeconómicos. Cuando se solapan generaciones, no tiene mucho sentido mezclar las preferencias por la asignación a lo largo de la vida con la asignación intergeneracional (Kula, 1992; Padilla, 2002a). En este caso, la pregunta es: ¿es ético que demos más importancia al presente a costa de lo que les ocurra a las generaciones futuras? La respuesta de Nordhaus es que sí, que se debe reflejar esta preferencia temporal de las generaciones presentes. Muchos autores se han mostrado en contra de esta postura, siendo un debate que viene de antiguo. Es irónico que uno de los autores de referencia de Nordhaus, Robert Solow, se haya mostrado opuesto a descontar las utilidades de las generaciones futuras: "en la toma social de decisiones no hay razón para tratar a las generaciones de forma desigual, y el horizonte de tiempo es, o debería ser, muy amplio. Reunidos en cónclave solemne, por decirlo así, debemos actuar como si la tasa de preferencia temporal social fuese igual a cero" (Solow, 1994, p. 150). En los modelos de cambio climático los ejemplos más destacados de rechazo a la tasa de preferencia temporal pura son los de Cline (1992) y el del citado Stern (2007).

El segundo argumento para descontar los consumos futuros —a diferencia de descontar las utilidades futuras— se basa en la utilidad marginal decreciente del consumo y el supuesto optimista de que se dará un aumento continuo en la producción y el consumo per cápita en el futuro (al menos durante los 100 o 200 años que abarca el modelo). Por ejemplo, un crecimiento del 2% anual, del orden de los que asume Nordhaus en las diferentes versiones de su modelo, significa que el PIB per cápita se duplica en 36 años, se multiplica por 3 en menos de 57 años, mientras que a los 100 años es más de 7 de veces el nivel actual y a los 200 llega a multiplicarse por 50. Este gran optimismo sobre la abundancia económica en el futuro, que se identifica con mayor bienestar, lleva a restar importancia a lo que entonces ocurra, ya que un euro de consumo tendría mucha menos importancia en ese futuro tan abundante que en el presente. En un modelo agregado y en el que los daños del cambio climático se expresan como un moderado porcentaje del PIB, el bienestar de las generaciones futuras estaría muy por encima del actual, lo que lleva a preguntarse ¿por qué preocuparnos demasiado por ellos cuando nosotros somos más pobres? Este argumento se basa en una creencia ciega en la mejora del bienestar en el futuro, que haría incluso superflua la propia preocupación por el desarrollo sostenible y tiene además el problema que podríamos llamar la "paradoja del optimista" (Padilla, 2002a, 2002b): si utilizamos el supuesto de que el futuro será mucho mejor que el presente para tener menos en cuenta los impactos futuros, podemos tomar decisiones que pongan seriamente en peligro esa misma prosperidad que se asume, al deteriorar la base de recursos naturales y ambientales necesaria para permitir la satisfacción de las necesidades humanas. En el modelo de Nordhaus el descuento del futuro sería mayor cuanto mayor sea el crecimiento esperado del consumo y conforme

más importancia demos al consumo marginal de los que viven hoy (que se suponen más pobres) respecto al de las generaciones futuras (que serán, se asume, más ricas), es decir, cuanto mayor sea la "aversión a la desigualdad" (Nordhaus, 1994).

Resumiendo, Nordhaus utiliza una tasa de descuento sobre el futuro que suma dos componentes: el descuento de las utilidades o tasa de preferencia temporal pura y el descuento de los consumos debido a la utilidad decreciente del consumo en un mundo de supuesto consumo creciente.⁵ Stern, en cambio, rechaza el primer componente⁶ y considera solo el segundo, por lo que obtiene un valor sustancialmente más bajo.

En un modelo normativo, la utilización de una tasa de descuento debe fundamentarse en criterios éticos. No obstante, como ya hemos apuntado, el tipo de modelo de Nordhaus exige, por construcción, que la función objetivo se calibre como si la economía estuviese efectivamente maximizando el bienestar social, por lo que la tasa de rentabilidad de las inversiones de mercado se considera como un indicador de las preferencias sociales (¿del individuo representativo? ¿de un supuesto planificador social?) entre consumo actual y futuro, como el coste de oportunidad de consumir hoy respecto a consumir en el futuro. Sin embargo, el tipo de descuento financiero de mercado poco nos puede decir sobre el nivel de sacrificio que la gente está dispuesta a realizar en beneficio de las generaciones futuras y mucho menos de los sacrificios específicos para preservar un bien público como es la estabilidad climática. Es más, aunque el tipo de descuento financiero reflejase las preferencias sobre esta cuestión, un modelo normativo no tendría por qué compartir estas preferencias (Llavador *et al.*, 2015). Nordhaus utiliza en sus escritos las dos "justificaciones" utilitaristas a las que nos hemos referido para descontar el futuro, pero en realidad el argumento definitivo acaba siendo que el descuento del futuro no se puede alejar de la rentabilidad de mercado de las inversiones. Por ejemplo, critica a Cline (1991) diciendo que su "enfoque es filosóficamente satisfactorio, pero inconsistente con las decisiones sociales reales sobre ahorro e inversión" (Nordhaus 1994, nota 1, p. 11) o frente a Stern (2007) plantea que sus "conclusiones sobre la necesidad de una acción extrema inmediata no sobrevivirían la sustitución de sus supuestos con otros más consistentes con los tipos reales de interés de mercado y las tasas de ahorro" (Nordhaus, 2007, p. 701). En definitiva, y dado que ni la preferencia temporal pura por el presente ni la forma específica de una supuesta función de utilidad social son observables, el criterio último para Nordhaus es lo que pasa en el mercado, como se refleja en las siguientes citas: "estos parámetros son calibrados para asegurar que el tipo real de interés del modelo esté cercano al tipo de interés real promedio y la tasa de rentabilidad media del capital en los mercados del mundo real" (Nordhaus, 2011, p. 3) o "los supuestos sobre los parámetros del modelo deberían generar tasas de ahorro y de rentabilidad del capital que sean consistentes con las observaciones" (Nordhaus, 2018b, p. 340).

LA INCERTIDUMBRE

Un aspecto especialmente problemático para el modelo DICE (y otros similares) es el de las múltiples incertidumbres asociadas al cambio climático y a las políticas de mitigación. La incertidumbre se da en la cadena entre las emisiones de gases de efecto invernadero y los daños provocados, por lo que se puede hablar de incertidumbre en cascada. Los modelos climáticos son cada vez más avanzados, pero las relaciones entre emisiones y temperatura media, entre ésta y los efectos climáticos (por ejemplo,

⁵ Matemáticamente, la tasa anual total de descuento del consumo futuro sería igual a la suma de la tasa pura de descuento temporal y el producto de la tasa de crecimiento del consumo per cápita y la elasticidad de la utilidad marginal respecto al nivel de consumo. Si —contra el habitual optimismo de los modelos macroeconómicos— uno piensa que la producción per cápita no aumentará y/o que poco tiene que ver con el bienestar, el segundo componente no tendría justificación o incluso podría ser negativo.

⁶ Para ser más precisos, cabe añadir que Stern sí considera una justificación para descontar muy ligeramente las utilidades del futuro. Se trata de la probabilidad de que en el futuro desaparezca la humanidad, por lo que propone aplicar una pequeña tasa pura de descuento temporal, o tasa de preferencia temporal pura, del 0,1% anual (Stern, 2017).

huracanes, variaciones en los regímenes de lluvias, olas de calor extrema) en los diferentes lugares del mundo no son, por supuesto, perfectamente previsibles.

La evidencia actual tiende a señalar que no se da una linealidad en la relación entre cambio de temperatura y daños inducidos, sino que más bien los daños aumentarían de forma mucho más que proporcional con el aumento de temperaturas, dándose, además, discontinuidades en la relación. Parece haber cada vez más consenso en que la relación es muy compleja y que a partir de cierto umbral de calentamiento se vuelve más imprevisible. Una cuestión que dificulta la modelización de la función de daño son las posibles retroalimentaciones positivas entre las tasas de concentración de los gases de efecto invernadero y el nivel de temperatura, que se hacen más probables conforme aumenta la concentración de estos gases, pero sin que sepamos a qué niveles de concentración se activarán estos efectos no lineales o de retroalimentación que disparen el riesgo de impactos de mayor gravedad. Es más, si consideramos los daños que todo ello puede provocar en la sociedad aparece aún algo más incierto: el de cuáles serán las reacciones sociales en un mundo que en este siglo muy probablemente llegará a más de 10.000 millones de habitantes: "El planeta Tierra con personas incluidas, cada una con un cerebro complejo, es mucho más difícil de modelizar que el sistema sin humanos de los modelos de la ciencia pura del clima" (Pezzey, 2017, p. 7). Por ejemplo, ante posibles crisis de producción de alimentos, extensión de enfermedades o movimientos masivos de refugiados climáticos, ¿cómo reaccionará la comunidad internacional? ¿Activando mecanismos de solidaridad? ¿Con mayor egoísmo frente a los problemas "exteriores"?

El modelo DICE asume que el daño económico es una función continua, en concreto cuadrática, del aumento de temperatura y calibra los parámetros para que los daños —medidos en porcentaje del PIB— sean moderados incluso para importantes cambios de temperatura. Es difícil encontrar en Nordhaus alguna justificación para este tipo específico de función; por ejemplo, ¿por qué no una función con un mayor exponente que haría que la relación entre aumentos marginales de la temperatura y daños creciese de forma mucho más importante? Y por lo que se refiere a los parámetros, lo que hace es ajustarlos a partir de diversos estudios con diferentes metodologías y que reconoce parciales, al tener en cuenta solo determinados sectores económicos. En la versión DICE2016, una vez ajustados los parámetros "se añade un 25% a los costes cuantificados para tener en cuenta los sectores omitidos y los daños no mercantiles y catastróficos (...) Incluidos todos los factores, la ecuación de daños en el modelo asume que los daños son del 2,1% de la renta global para un calentamiento de 3°C y un 8,5% de la renta global para un calentamiento de 6°C." (Nordhaus, 2018b, p. 345). En definitiva, un coste que parece perfectamente asumible, dado que se asume que el ingreso per cápita se habrá multiplicado.

Las funciones continuas de daños no permiten tener en cuenta los eventos catastróficos. En los modelos tipo DICE se olvida la posibilidad de dichos fenómenos o se aplica, como hemos visto, un arbitrario incremento porcentual de los costes estimados para tener en cuenta esta posibilidad o bien se le da una baja probabilidad numérica al evento en base a la opinión de un experto para incluirlo en algún cálculo de daño esperado aunque en realidad son fenómenos que no están sujetos a una experimentación que permita conocer su probabilidad⁷. En cualquier caso, cualquiera de estas opciones, junto al descuento temporal, hacen que los posibles eventos catastróficos en el futuro no tengan ningún peso significativo en la evaluación.

Es difícil no coincidir con el diagnóstico de que "por lo que se refiere a la función de daño económico, no sabemos prácticamente nada —no hay teoría y no hay datos de los que podamos extraerla. Como resultado, los que elaboran modelos de evaluación integrada tienen poca más opción que la de especificar

⁷ La teoría económica neoclásica suele identificar incertidumbre con riesgo probabilístico, pero es importante remarcar que la incertidumbre genuina es una situación en la que no solo desconocemos el futuro, sino que tampoco conocemos la probabilidad de los diferentes resultados.

lo que son esencialmente formas funcionales arbitrarias y valores arbitrarios de sus parámetros" (Pindyck, 2017, p. 101). Si esto es verdad para cambios moderados de temperatura, lo es mucho más cuando los cambios de temperatura proyectados en los escenarios base —y también en la trayectoria considerada "óptima" por Nordhaus— para el presente siglo son muy superiores al rango de la experiencia histórica, mayores a los experimentados durante los últimos millones de años. Por ello, podemos decir, con Pezzey (2017), que la función de daños en el futuro no solo es "altamente incognoscible" (*highly unknowable*), sino que seguirá siéndolo en el futuro previsible.

En el intenso debate que generó la publicación del informe Stern (2007), Martin L. Weitzman, economista ambiental cuyo nombre también había sonado para el premio Nobel, ya planteó que en el caso del cambio climático no es adecuado aplicar el análisis coste-beneficio para decidir qué políticas llevar a cabo y señaló que la cuestión debería tratarse como un problema de gestión de riesgos. La pregunta principal sería cuánto está dispuesta la sociedad a sacrificar para asegurarnos contra el riesgo de posibles efectos catastróficos (Weitzman, 2007; ver también Weitzman, 2010 y Wagner y Weitzman, 2016). Una visión a la que también se han adherido otros autores como van den Bergh (2004) o Stern (2010) en trabajos posteriores a su famoso informe.⁸

EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO Y LA CONMENSURABILIDAD

El modelo DICE se plantea teóricamente como un modelo de suma de utilidades (descontadas) en el que lo eficiente u óptimo económicamente es maximizar dicha suma. Se considera adecuado mitigar gases de efecto invernadero solo mientras la pérdida de utilidad que ello comporte a una parte de la población presente o futura no sea mayor que la mejora de utilidad obtenida por aquellos que sufran menores daños climáticos.

Más allá del carácter cuestionable del propio concepto utilidad entendido como una variable cuantificable y comparable entre personas (solo así podrán sumarse o restarse las variaciones de utilidad que afectan a diferentes personas), cabe señalar varios aspectos. El primero, que el modelo es ajeno a cualquier planteamiento en términos de derechos ambientales o de justicia: siempre será eficiente perjudicar a algunos para beneficiar a otros si el beneficio de los segundos es mayor que el perjuicio de los primeros. La segunda observación es que los resultados dependerán obviamente de cuáles sean las funciones de utilidad escogidas y del nivel de agregación del modelo. Nordhaus escoge unas funciones con utilidad marginal decreciente respecto al nivel de consumo. Esto significa que, si se compara la utilidad de personas diferentes, existe aversión a la desigualdad, ya que las variaciones de consumo de los pobres provocarían mayor cambio en la utilidad que las mismas variaciones de consumo de los ricos. No obstante, el modelo DICE solo compara los consumos globales en diferentes momentos del tiempo, por lo que, de hecho, ignora la distribución entre individuos presentes. Como hemos visto, la aversión a la desigualdad —acompañada del supuesto de crecimiento del consumo per cápita a lo largo del tiempo— es uno de los argumentos de Nordhaus para descontar el futuro. Esta preocupación por la desigualdad debería coherentemente ser aplicada a la desigualdad entre los individuos de la misma generación, dando un peso mayor a los impactos en los países pobres que en los países ricos, lo que rara vez se hace en los modelos de cambio climático (Azar y Sterner, 1996), y dentro de cada país valorando más a los que recaen sobre los más desfavorecidos. Es más, una política de mitigación sería o no eficiente dependiendo de sobre quién recaen los sacrificios de consumo derivados de dicha política. Por ejemplo, si se impusiese un impuesto

⁸ En el propio informe Stern (2007) podemos detectar una contradicción. Por un lado, se pueden encontrar partes en las que se enfatiza el cambio climático como un problema ético y se destaca la gran incertidumbre asociada y la imposibilidad de valoración monetaria. Pero, por otro lado, plegándose a "la" economía del cambio climático dominante se adopta una perspectiva coste-beneficio muy convencional (con la destacable particularidad, ya señalada, de no aceptar el descuento temporal "puro" de las utilidades), perspectiva que fue justamente criticada por Spash (2007).

global, el valor óptimo no sería ajeno a cómo se redistribuyen los ingresos de dicho impuesto. Pero todas estas cuestiones de distribución intrageneracional están totalmente ausentes en el DICE.⁹

El tema es central, puesto que el cambio climático es un fenómeno global pero caracterizado por profundas desigualdades, tanto en las responsabilidades como en los efectos previstos. La paradoja es que la preocupación por la desigualdad en el modelo agregado de Nordhaus solo se utiliza para justificar impactos negativos provocados por las generaciones presentes (y sobre todo por los más ricos, que son los que tienen mayores emisiones per cápita) a las generaciones futuras (sobre todo los más pobres de estas generaciones, que son los que tendrán más dificultades para adaptarse al cambio climático). Si consideramos las cuestiones de distribución intergeneracional, nos podemos preguntar si el optimismo llega tan lejos como para suponer que hemos de dar por descontado que las generaciones futuras de los países africanos serán más ricas que las actuales de países como EEUU o la Unión Europea porque, en caso contrario, se desmontaría uno de los argumentos para descontar los beneficios futuros de la política climática.

Otra característica, que ya hemos comentado, es que los daños climáticos se consideran como consumo (negativo), lo que obliga a valorarlos en dinero: ¿cómo calcular sino el consumo neto de daños ambientales? En definitiva, todos los costes y beneficios se valoran en dinero, no se distingue entre si recaen en gente rica o en gente pobre y, como ya vimos, los impactos futuros se descuentan según una tasa que no se debe alejar de la rentabilidad de mercado. Como consecuencia, el modelo maximizador de la suma de utilidades se convierte simplemente en el análisis coste-beneficio tradicional, según el cual la eficiencia viene determinada por el criterio de la compensación potencial, conocido como criterio de eficiencia Kaldor-Hicks. Se considera adecuado mitigar gases de efecto invernadero solo mientras los "costes" de mitigación sean inferiores a los "beneficios" descontados que suponen los daños evitados, valorado todo en dinero.

Esto requiere asumir el requisito de conmensurabilidad; es decir, asumir que todo (salud, educación, medio ambiente) se puede traducir a dinero y que cualquier impacto ambiental es compensable con más consumo (de la misma o de otra persona). Entre otras cuestiones, se comparan valores económicos de vidas en países pobres con consumo en países ricos (por ejemplo, más días de ocio en las playas o campos de golf de California compensan la pérdida de vidas en Bangladesh). Existen, no obstante, muchos problemas y controversias en torno a la valoración monetaria, tanto sobre si se considera o no adecuado que se pueda medir todo en dinero, como respecto a los diferentes métodos que se utilizan para ello (Sagoff, 1994). Las controversias afectan en general a la valoración económica ambiental, pero son particularmente agudas para un problema global de la magnitud del cambio climático. Por poner un ejemplo extremo, un resultado habitual de la valoración monetaria es que una vida en un país rico resulta tener una valoración muy superior a una vida en un país pobre. Así, en un informe económico para el IPCC de 1995 se partía de una valoración de la vida humana de los países pobres quince veces inferior a la de los países ricos, lo que despertó la lógica reacción de protesta de países como Cuba, Brasil, India y China (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2013, p. 288).

Las justificaciones habituales de la aplicación del criterio de compensación potencial son en general poco convincentes en cuestiones que afecten a la salud, el medio ambiente o que tengan fuertes impactos distributivos. Pero en el caso del cambio climático son particularmente problemáticas. Aun cuando no

⁹ En el RICE -versión regional del DICE- sí se introduce una diferenciación en 12 grandes regiones pero considerando a cada región solo en términos de renta media per cápita de forma que la desigualdad global queda reflejada de forma muy insuficiente. Dennig *et al.* (2015) muestran que los resultados del RICE cambiarían enormemente si se tienen en cuenta también las desigualdades dentro de las regiones y se asume que los daños del cambio climático se correlacionan inversamente con el nivel de renta en coherencia con lo que indica el IPCC (2014). La mitigación óptima que resultaría sería similar a la que saldría de utilizar el modelo agregado RICE, pero con los supuestos sobre descuento del informe Stern (2007).

se pusiera en cuestión que se valore todo en términos monetarios, no se puede asumir que quienes puedan ver afectada la posibilidad de satisfacer sus necesidades básicas, su salud o su vida se vayan a ver beneficiados por una aplicación generalizada del criterio de compensación. Por otro lado, dada la magnitud de los impactos y las desigualdades que se dan en el cambio climático y que, según las diferentes previsiones, los peores impactos tenderán a ser padecidos por las poblaciones pobres de países pobres, tampoco parece razonable asumir que el valor social de un euro de costes de mitigación sea igual al valor social de un euro de costes evitados.

De hecho, en el marco del análisis coste-beneficio tradicional, la justificación del descuento del futuro se basa también en el argumento de compensación potencial de Kaldor-Hicks. Si la tasa de rendimiento de las inversiones en el mercado fuese, por ejemplo, del 5%, no debería llevarse a cabo una mitigación que repercuta en unos beneficios futuros de menor rendimiento, porque sería un uso ineficiente de los recursos. Argumento falaz, ya que la supuesta inversión alternativa es solo potencial y nada impide que los recursos se destinen a mayor consumo presente y, sobre todo, ¿hemos de creer que cualquier inversión de capital rentable monetariamente mejorará la suerte de los afectados en el futuro por el cambio climático? Invertir en más fábricas de coches o en más centrales térmicas de carbón puede ser rentable económicamente, pero acelerará la degradación ambiental.

CONCLUSIONES

Nordhaus tiene el mérito de haber iniciado, tan tempranamente como en los años 1970s, una línea de investigación sobre la relación entre economía y clima. Esto es bien relevante cuando aún hoy en día las cuestiones ambientales están totalmente ausentes en conocidos manuales de crecimiento económico. Su modelo puede aportar alguna información útil sobre las relaciones que se dan entre variables económicas y climáticas. Sin embargo, nuestra valoración global, como modelo para guiar la política climática, es negativa ya que se presenta como la respuesta "óptima" desde "la economía" del cambio climático a un análisis que está plagado de juicios de valor y de supuestos cuestionables que condicionan plenamente sus prescripciones.

Para Nordhaus, el bienestar viene determinado por el consumo global neto de los costes del cambio climático, que se valoran en dinero y representan un moderado porcentaje del PIB, incluso en escenarios en los que la temperatura se situase en niveles desconocidos durante muchos millones de años. Además, Nordhaus y su modelo DICE, pero también otros como Stern (2007), asumen una visión tremendamente optimista sobre las posibilidades de crecimiento económico en el muy largo plazo. Los daños del cambio climático no serían, incluso sin política climática, obstáculo para que las generaciones futuras estén mucho mejor que nosotros. Si diéramos como válidos los supuestos de estos modelos, si se hiciera una política de mitigación decidida (incluso si, en el peor de los casos, los costes de mitigación llegaran a un 5% del PIB anual), el coste de un "seguro" climático significaría únicamente unos pocos años de retraso en llegar a niveles de consumo per cápita muy superiores a los actuales (Azar y Schneider, 2002). Por ejemplo, en vez de doblar el consumo per cápita hacia 2046 lo haríamos hacia 2048 o 2050 y en vez de quintuplicarlo en 2092 lo haríamos unos pocos años después. Paradójicamente, el modelo DICE, y otros similares, podrían, de hecho, utilizarse precisamente para indicar que el precio de asegurarnos contra los peores riesgos del cambio climático sería un sacrificio razonable y asumible (Padilla, 2004a, 2004b).

La economía del cambio climático à la Nordhaus asume que lo que determina el bienestar futuro es básicamente la evolución del PIB, por lo que la principal preocupación es que las políticas de mitigación no socaven el crecimiento económico. Pero el PIB o el consumo global no es una medida apropiada de bienestar (Kahneman y Krueger, 2006) (menos aun si no se tiene en cuenta la distribución del ingreso), ni pasa a serlo después de introducir unas correcciones (Roca Jusmet, 2011).

El primer principio que debe guiar, en nuestra opinión, la política climática es el principio de la sostenibilidad o de justicia intergeneracional. Acudiendo a la definición más extendida, la sostenibilidad puede entenderse como satisfacer nuestras necesidades sin hipotecar la satisfacción de las generaciones futuras. Pues bien, este principio pierde relevancia en el marco de los supuestos del modelo de Nordhaus, puesto que, incluso en ausencia de política climática, se asume que las generaciones futuras estarán mejor que nosotros.

Si se introdujeran supuestos menos optimistas sobre el futuro económico, el modelo de Nordhaus podría llevar a la conclusión de que lo óptimo es que el bienestar disminuya a lo largo de las generaciones. Ello es resultado de que las utilidades futuras se valoran menos que las presentes debido al uso de una tasa de preferencia temporal pura. La introducción de dicha tasa temporal en la propia función objetivo es abiertamente contraria al propio principio de la sostenibilidad.

Un segundo principio que debería orientar la política climática es el de la justicia ambiental. No es de recibo que los consumos intensivos en emisiones de carbono de determinadas poblaciones pongan en peligro la satisfacción de las necesidades más básicas de otras poblaciones. No todo es compensable, como parece cuando todo se traduce a dinero. El fetichismo del dinero esconde que los lujos de unos pueden provocar que otros no tengan acceso a agua potable o que se arruinen sus cosechas o tengan que emigrar porque se inundan sus territorios. El análisis coste-beneficio no está preparado para tener en cuenta estas cuestiones éticas (Azar, 1998).

La persistencia de incertidumbres (a pesar del avance científico), las dificultades que se han hecho patentes en la modelización del cambio climático y, sobre todo, la potencial magnitud de sus impactos sobre las generaciones futuras, llevan a que gane apoyo el planteamiento de que las políticas de mitigación han de estar guiadas también por el principio de precaución. Las cuestiones en juego son tan importantes que deberíamos hacer grandes esfuerzos para reducir al máximo el riesgo de escenarios catastróficos que podrían extenderse por períodos de tiempo más largos que toda la historia de la humanidad hasta el momento (Pezzey, 2017, p.3).

Modelos como el de Nordhaus adquieren reputación científica por su sofisticación matemática (que da un aura de cientificidad que esconde sus profundas debilidades) y porque hay una demanda de modelos que den respuestas cuantitativas a cuestiones complejas. Sin embargo, estos modelos entran en contradicción con los principios de sostenibilidad, justicia ambiental y precaución.

Estos principios son una guía de referencia y llaman a actuar para reducir radicalmente las emisiones. En el debate político es necesario establecer objetivos de referencia y entendemos que se establezcan límites de variaciones máximas de temperatura (y trayectorias de emisiones asociadas que se prevén compatibles con dichas variaciones). Pero estos objetivos no deben sacralizarse, sino considerarse como lo que son; es decir, un compromiso entre lo que se considera deseable y lo que aún parece posible. En los últimos años parecía haber cierto consenso en que el umbral de seguridad estaba en torno a los 2°C,¹⁰ pero el último informe del IPCC advierte de que podemos entrar en la situación de mayor riesgo de impactos peligrosos y desconocidos al ir más allá de un aumento de 1,5°C (IPCC, 2018). Dadas las grandes incertidumbres, de lo único de lo que podemos estar seguros es de que los riesgos serán menores cuanto menores sean las emisiones futuras.

En claro contraste con estos principios, el premio Nobel de economía ha ido a un autor que en la más reciente versión de su modelo plantea que la "optimalidad económica" aconseja que las emisiones sigan aumentando durante varias décadas y el aumento de temperatura se sitúe en unos 3,5°C en 2100 (frente a los algo más de 4°C que supondría el escenario tendencial según su modelo). A pesar de que Nordhaus

¹⁰ Como en todo el texto, nos referimos siempre a cambios respecto al nivel preindustrial.

admite que en sus estimaciones hay multitud de limitaciones e incertidumbres, la interpretación que se hace de sus resultados como la respuesta de la "ciencia económica" al problema del cambio climático ignora las limitaciones del modelo y es una muestra de la influencia negativa que un determinado tipo de modelización macroeconómica puede tener en la toma de decisiones, así como también en el prestigio de la economía entre los expertos del resto de disciplinas ocupados en estudiar el problema y buscar soluciones.

Por supuesto, hay que tener en cuenta las inercias climáticas y sociales, las ideologías económicas dominantes, los poderosos intereses económicos y la insuficiencia de los acuerdos internacionales. Si de una previsión se tratase, hoy por hoy parece más probable que a largo plazo se desborde claramente el objetivo de los 2°C y se tienda a variaciones del orden de 3 o 3,5°C (UNEP, 2017), pero el modelo de Nordhaus no es un modelo de previsión, sino un modelo normativo que puede legitimar (y así se ha utilizado en el pasado) una acción muy limitada.

A pesar de ello, para la opinión pública lo que quedará de la noticia de este Nobel será que se premia a un economista que se preocupa seriamente por el cambio climático y que es conocido por su defensa de aplicar un impuesto global sobre el carbono. En una situación en la que el presidente de los EEUU niega la importancia del cambio climático y en la que la acción internacional está tan alejada de lo que es necesario para hacer frente al problema de forma efectiva, se puede reconocer este aspecto positivo a la concesión del premio.

BIBLIOGRAFÍA

Ainslie, G. (1991): "Derivation of 'rational' economic behaviour from hyperbolic discount curves", *American Economic Review* (Papers and Proceedings), vol. 81, pp. 334–340.

Azar, C. (1998): "Are Optimal CO₂ Emissions Really Optimal?", *Environmental and Resource and Energy Economics*, vol. 11, pp. 301–315.

Azar, C., Schneider, S.H. (2002): "Are the economic costs of stabilizing the atmosphere prohibitive?", *Ecological Economics*, vol. 42, pp. 73–80.

Azar, C., Sterner, T. (1996): "Discounting and distributional considerations in the context of global warming", *Ecological Economics*, vol. 19, pp. 169–184.

Baranzini, A., van den Bergh, J.C.J.M., Carattini, S., Howarth, R.B., Padilla, E., Roca, J. (2017): "Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments and political economy considerations", *WIREs Climate Change*, 2017, e462. doi: 10.1002/wcc.462.

Benzion, U., Rapoport, A., Yagil, J. (1989): "Discount rates inferred from decisions: An experimental study", *Management Science*, vol. 35, pp.: 270–284.

Bergh, J. C. J. M. van den (2004): "Optimal climate policy is a utopia: from quantitative to qualitative cost-benefit analysis", *Ecological Economics*, vol. 48, pp. 385-393

Cline, W.R. (1992): *The Economics of Global Warming*. Institute for International Economics, Washington DC.

Dennig, F., Budolfson, M.B., Fleurbaey, M., Siebert, A., Socolow, R.H. (2015): "Inequality, climate impacts on the future poor, and carbon prices", *PNAS*, vol. 112, n.52, pp. 15827–15832.

Global Carbon Project (2018), *Global Carbon Budget 2018*. <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/18/presentation.htm>

Goulder, L. H., Williams III, R.C. (2012): "The Choice of Discount Rate for Climate Change Policy Evaluation", *Climate Change Economics*, vol. 3, n. 4, 1250024, DOI: 10.1142/S20100007812500248

IPCC (2014): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the Impacts of Global warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. IPCC, Ginebra.

Kahneman, D., Krueger, A.B. (2006): "Developments in the measurement of subjective well-being", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 20, n.1, pp. 3–24.

Kalecki, M. (1943): "Political Aspects of Full Employment", *Political Quarterly*, vol. 14, pp. 322–331.

Llavador, H, Roemer, J., Silvestre, J. (2015): *Sustainability in a Warming Planet*, Harvard University Press.

Lowenstein, G. (1987): "Anticipation and the valuation of delayed consumption", *Economic Journal*, vol. 97, pp. 666–684.

Martínez Alier, J., Roca Jusmet, J. (2013): *Economía Ecológica y Política Ambiental.*, tercera edición, Fondo de Cultura Económica, México, D.F. (Primera edición 2000).

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W. (1972): *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books, Nueva York.

Nordhaus, W. (1973): "The Allocation of Energy Resources", *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 4, n. 3, pp. 529–576

Nordhaus, W. (1975): "The Political Business Cycle", *The Review of Economic Studies*, vol. 42, n. 2, pp. 169–190.

Nordhaus, W. (1977a): "Strategies for the control of carbon dioxide", Cowles Foundation discussion paper n. 443.

Nordhaus, W. (1977b): "Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem", *American Economic Review*, vol. 67, n. 1, pp. 341–346.

Nordhaus, W. (1993): "Rolling the "DICE": An optimal transition path for controlling greenhouse gases", *Resource and Energy Economics*, vol. 5, pp. 27–50.

Nordhaus, W. (1994): *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. MIT Press, Cambridge MA.

Nordhaus, W. (1997) "Discounting in economics and climate change", *Climatic Change*, vol. 37, pp. 315–328.

Nordhaus, W. (2011): "Estimates of the Social Cost of Carbon: Background and Results from the RICE-2011 Model", NBER Working Paper n. 17540.

Nordhaus, W. (2014): "The Perils of the learning model for modeling endogenous technological change", *The Energy Journal*, vol. 35, n. 1, pp. 1–13.

Nordhaus, W. (2015) "Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy", *American Economic Review*, vol. 105, n.4, pp. 1339–1370.

Nordhaus, W. (2018a): "Evolution of modelling of the economics of global warming: changes in the DICE model, 1992-2017", *Climatic Change*, vol. 148, pp. 623–640.

Nordhaus, W. (2018b): "Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies", *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 10, n.3, pp. 333–360.

Nordhaus, W., Boyer, J.G. (1999): *Roll the DICE Again: Economic Models of Global Warming*. Yale University, MIT Press, Cambridge MA.

Nordhaus, W., Tobin, J. (1972): *Is growth obsolete?* Columbia University Press, Nueva York.

Nordhaus, W., Yang, Z. (1996) "A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies", *American Economic Review*, vol. 86, pp. 741–765.

Padilla, E. (2002a): *Equidad Intergeneracional y Sostenibilidad. Las Generaciones Futuras en la Evaluación de Políticas y Proyectos*. Colección Investigaciones, n.1/02. Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

Padilla, E. (2002b): "Intergenerational Equity and Sustainability", *Ecological Economics*, vol. 41, n. 1, pp. 69–83.

Padilla, E. (2004a): "Climate Change, Economic Analysis and Sustainable Development", *Environmental Values*, vol. 13, n. 4, pp. 523–544.

Padilla, E. (2004b): "Limitaciones, omisiones y juicios de valor del análisis económico convencional de las políticas de cambio climático. Hacia un análisis coherente con el desarrollo sostenible", *Ecología Política*, n. 28, pp. 121–138.

Pezzey, J. V. C. (2017): "Why the social cost of carbon will always be disputed", *WIREs Climate Change*, DOI: 10.1002/wcc.558.

Pigou, A.C. (1920) *Economics of Welfare*. Macmillan, Londres.

Pindyck, R.S. (2017): "The Use and Misuse of Models for Climate Change", *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 11, pp. 100–114.

Ramsey, F.P. (1928) "A mathematical theory of saving", *Economic Journal*, vol. 38, pp. 543–559.

Roca Jusmet, J. (2011): "El debate sobre el crecimiento económico desde la perspectiva de la sostenibilidad y la equidad" en Dubois, A., Millán, J.L. y Roca, J. (coord.), *Capitalismo, desigualdades y degradación ambiental*, Icaria, Barcelona.

Roca Jusmet, J. (2018): "La economía del cambio climático de Nordhaus, premio Nobel 2018", *Ecología Política*, n. 56, diciembre.

Sagoff, M. (1994): *The Economy of the Earth*, Cambridge University Press.

Samuelson, P., Nordhaus, W. (1985): *Economics: An Introductory Analysis*. McGraw-Hill, Boston.

Solow, R. (1974) "Intergenerational Equity and Exhaustible Resources", *The Review of Economic Studies*, vol. 41, pp. 29–45.

Spash, C.L. (2007): "The economics of climate change impacts à la Stern: Novel and nuanced or rhetorically restricted?", *Ecological Economics*, vol. 63, pp. 706–713.

Stern, N. (2007): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge.

Stern, N. (2010): *Managing Climate Change. Climate, Growth and Equitable Development : Inaugural lecture delivered on Thursday 4 February 2010*. Collège de France, París. Disponible en: <http://books.openedition.org/cdf/2200>.

Stiglitz, J. (1974): "Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths", *The Review of Economic Studies*, vol. 41, pp. 123–137.

Strotz, R.H. (1956): "Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization", *Review of Economic Studies*, vol. 23, pp. 165–180.

UNEP (2017): *The Emissions Gap Report 2017*. United Nations Environment Programme, Nairobi.

Wagner, G., Weitzman, M.L. (2016): *Climate Shock The Economic Consequences of a Hotter Planet*. Princeton University Press, Princeton.

Weitzman, M.L. (2012): "GHG targets as insurance against catastrophic climate damages", *Journal of Public Economic Theory*, vol. 14, n. 2, pp. 221–244.